

**Д.В. Барабаш, ст. гр. КС-10 МБ М.Д. Пархоменко, доц.каф.АВП**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Дослідження шляхів реєстрації оптичного спектру газоаналізатора

На сьогодні вже не викликає заперечень теза про те, що техногенна цивілізація здійснила руйнівний вплив на біосферу планети і стала загрожувати не тільки здоров'ю людей, але й самому існуванню людства, тому проблеми створення ефективних методів і засобів діагностики стану довкілля стають особливо актуальними.

Ефективний контроль за викидом шкідливих речовин неможливо уявити без аналітичних вимірювань, які базуються на застосуванні новітніх знань з фізики, хімії, вимірювальної техніки.

Метою даної роботи є дослідження методів та засобів реєстрації газових складових направлених на вдосконалення оптичного газового аналізатора побудованого на основі внутрішньорезонансної лазерної спектроскопії.

Теоретично досліджено методику реєстрації газових складових шляхом аналізу багатомодового світлового потоку сформованого аргонним лазером та розміщеними в резонаторі органічними фарбниками.

Спектральну інтенсивність генерації такого лазера зазвичай представляють у наступному вигляді:

$$H(\omega, t) = I_0(\omega, t) \cdot e^{-K_n(\omega) \cdot c \cdot t}, \quad (1)$$

де  $I_0(\omega, t)$  інтерпретують як спектральну інтенсивність генерації лазера при відсутності поглинаючої речовини в резонаторі.

Так як прилади реєструють сумарну інтенсивність багатомодового спектру за час генерації лазера  $T$ , то в площині фотоприймача її можна представити у формі:

$$H(\omega) = \int_0^T H(\omega, t) dt = \int_0^T I_0(\omega, t) \cdot e^{-K_n(\omega) \cdot c \cdot t} \cdot dt. \quad (2)$$

Якщо допустити, що інтенсивність  $I_0(\omega, t)$  за термін генерації лазера  $T$  не змінює свого значення, тобто  $I_0(\omega, t) = I_0(\omega)$ , то вираз (2) можна представити у вигляді:

$$H(\omega) = \int_0^T I_0(\omega) \cdot e^{-K_n(\omega) \cdot c \cdot t} \cdot dt = -\frac{I_0}{K(\omega) \cdot c} \cdot e^{-K(\omega) \cdot c \cdot t} \Big|_0^{T_{засв}} = \frac{I_0}{K(\omega) \cdot c} \cdot (1 - e^{-K_n(\omega) \cdot c \cdot T_{засв}}). \quad (3)$$

На підставі даного виразу спектральну інтенсивність  $H(\omega)$  можна представити, як незалежну від часу функцію частоти світлового потоку  $\omega$

$$H(\omega) = H_0(\omega) \cdot (1 - e^{-K_n(\omega) \cdot c \cdot T_{засв}}), \quad (4)$$

де  $H_0(\omega) = \frac{I_0}{K(\omega) \cdot c}$ , а  $K(\omega)$  - коефіцієнт поглинання досліджуваною речовиною інтенсивності світлового потоку на частоті  $\omega$ .

Звідси, значення спектральної інтенсивності випромінювання в рівномірній сітці частот відрізка  $[\omega_0, \omega_n] \in \omega_0, \omega_1, \dots, \omega_n, \omega_i = \omega_{i-1} + h$ , визначені за виразом (4) дорівнюють:

$$H(\omega_0), H(\omega_1), \dots, H(\omega_i), \dots, H(\omega_n). \quad (5)$$

З метою вдосконалення існуючого оптичного газоаналізатора розроблено блок реєстрації спектральної інтенсивності досліджуваного світлового потоку на базі лінійного перетворювача типу G9208, попередньої обробки та передачі цифрових даних через USB- порт до ПК.

Для підвищення точності реєстрації, усереднення значень спектральної інтенсивності  $\bar{H}(\omega_i)$  по усій довжині контрольованого діапазону частоти  $\omega_i \in 0.9 - 2.55$  мкм здійснюється за результатами  $N$ - повторних вимірів ( $N \leq 100$ ;  $\tau_{\text{засф}} \leq 0,01$  с) за співвідношенням

$$\bar{H}(\omega_i) = \sum_{j=1}^N H_j(\omega_i) / N, \quad (6)$$

де  $H_j(\omega_i)$  – інтенсивність світлового потоку на частоті  $\omega_i$ ;

$j$  - номер виміру.

Так як спектральна чутливість пристрою реєстрації з зарядовим зв'язком має нелінійну амплітудно - частотну характеристику, то для кожної з вимірюваних частот вводяться коефіцієнти вирівнювання  $K(\omega_i)$ , які визначаються виразом (6) на підставі серії вимірювань ( $N \leq 100$ ) при відсутності газової суміші:

$$K(\omega_i) = H_0(\omega_i) / \bar{H}(\omega_i), \quad (7)$$

де  $H_0(\omega_i) = \sum_{i=1}^{256} H(\omega_i) / 256$ ,  $H_0(\omega_i), H(\omega_i)$  - середнє арифметичне та поточні

значення спектральної інтенсивності за відсутності газової суміші.

Отримані значення коефіцієнтів вирівнювання  $K(\omega_i)$ , які враховують не лише фактор нелінійності спектральної чутливості ПЗЗ, а і вплив інших факторів тракту переміщення світлового потоку, використовуються при визначенні реальної спектральної інтенсивності досліджуваного потоку.

В роботі [3] розкривається метод визначення опуклої кривої спектральної інтенсивності  $H_{\text{опук}}(\omega_i)$  на підставі методу Ланцоша, шляхом аналізу емпіричних даних згладжування в цілому за допомогою розкладання в ряд Фур'є, яка виступає в якості базового параметра для оцінки величини відхилення на частоті поглинання.

В даній роботі пропонується більш простий і практичний метод послідовного визначення усередненого значення вимірів спектральної інтенсивності за трьома черговими точками виміру

$$\bar{H}_{\text{баз}}(\omega_i) = \frac{\bar{H}(\omega_i) + 2\bar{H}(\omega_{i+1}) + \bar{H}(\omega_{i+2})}{4}, \quad (8)$$

де:  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  (рис.1).

При цьому враховується, що якщо відхилення значення  $H(\omega_{i+1})$  або  $H(\omega_{i+2})$  виходять за граничні межі (10% від  $\bar{H}_{\text{баз}}(\omega_i)$ ), то:

$$\begin{aligned} \Delta H(\omega_{i+1}) &= |H(\omega_{i+1}) - H(\omega_i)| \geq 10\% \text{ від } \bar{H}(\omega_i); \\ \Delta H(\omega_{i+2}) &= |H(\omega_{i+2}) - H(\omega_i)| \geq 10\% \text{ від } \bar{H}(\omega_i). \end{aligned} \quad (9)$$

При розрахунках приймаємо  $H(\omega_{i+1}) = \bar{H}_\delta(\omega_i) \pm 0.1\bar{H}_\delta(\omega_i)$  або  $H(\omega_{i+2}) = \bar{H}_\delta(\omega_i) \pm 0.1\bar{H}_\delta(\omega_i)$ . Цим виключається вплив на визначення усереднених значень  $\bar{H}_{\delta_{аз}}(\omega_i)$  дії факторів поглинання (піків поглинання). Звичайно це вносить деяку фіксовану похибку у визначення концентрації газових компонентів яка не перевищує величину шуму.

За цим методом величина відхилення фактичних значень спектральної інтенсивності  $H(\omega_i)$  від усередненої  $\bar{H}(\omega_i)$  визначається виразом:

$$\Delta H(\omega_i) = H(\omega_i) - \bar{H}_\delta(\omega_i). \quad (10)$$

Частоти на яких це відхилення буде перевищувати 10% від  $\bar{H}(\omega_i)$  можна прийняти за зафіксовані газові компоненти.

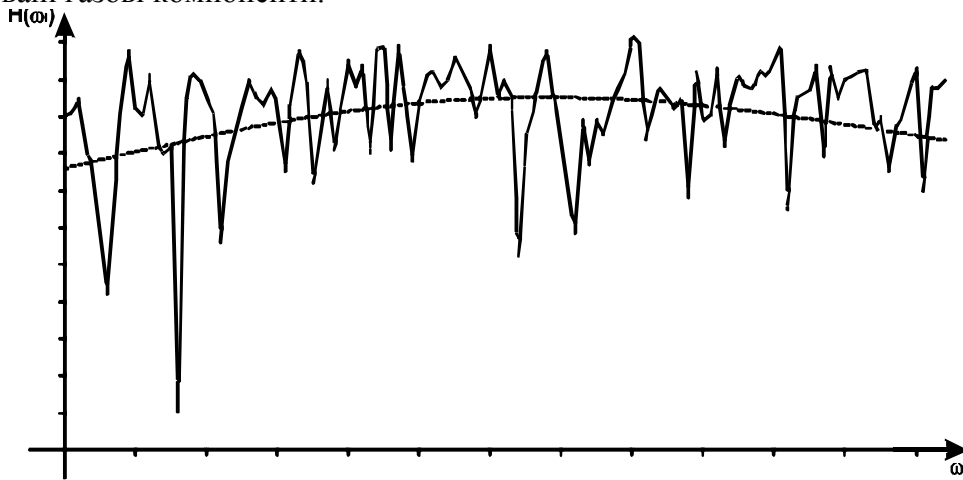


Рисунок 1 - Графік визначення усередненої кривої  $\bar{H}(\omega_i)$

Результати даної роботи можуть знайти практичну реалізацію в діючих моделях оптичних газових аналізаторів, робота яких ґрунтується на основі внутрішньорезонансної лазерної спектроскопії.

## Список літератури

1. Аналітичні екологічні прилади та системи. – Монографія./ Під заг. ред. В.А. Порева - Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2009. — 336 с.
2. Айвазян Ю.М. Спектр поглощения атмосферы в области 602-627 нм, полученный методом внутривибрационной лазерной спектроскопии с чувствительностью  $10^{-9}$  см<sup>-1</sup>/ Баев В.М., Коваленко С.А.// Препринт ФИАН. Москва, 1985. – №164. - 52 с.
3. Гамалій В.Ф. Математическое моделирование процесса определения концентраций газообразных компонентов технологических атмосфер автоматизированным лазерным газоанализатором./Теленкова О.Г., Якорева М.В.. - Збірник наукових статей. - Кіровоград: КДТУ, 2000. -160 с.

Одержано 31.05.11